

最新新型工程材料生产 新技术应用与新产品开发研制 及行业技术标准实用大全

有色金属材料

卷

学苑音像出版社

最新新型工程材料生产新技术 应用与新产品开发研制及 行业技术标准实用大全

TB3-51/Z999 v.8

有色金属材料卷

主编:王少翔

学苑音像出版社

最新新型工程材料生产新技术 应用与新产品开发研制及 行业技术标准实用大全

王少翔 主编

出版:学苑音像出版社

开本:787×1092 1/16

发行:全国新华书店

字数:5500 千字

版次:2004 年 11 月第一版

印张:248

印次:2004 年 11 月第一次印刷

印数:1-500 册

ISBN 7-88050-205-X

光盘定价:2580.00 元(1CD+手册十卷)

编委会

主 编：王少翔

编 委：	蔡汉彬	吕景婷	周汉珍	苏 茂
	蒙晓敏	王建平	赵 刚	李 辉
	黄 龙	许志华	李永前	卢建伟
	陈 伟	李 彬	袁晓敏	王 洋
	马晓强	胡建立	杨 威	潘伯津
	陈 征	黄旭恒	肖 军	黄宇翔

型铸锻件、铸钢件、铸铁件、电工材料、仪表材料、粉末冶金、工程塑料、复合材料、胶接密封材料、绝缘材料、润滑油品、包装材料和磨料等。如此众多的材料通过各类加工，将转化为数以万计的机械产品，这就必须根据零部件不同的服役条件，合理选用材料，进行加工、改性、处理、性能评定、质量监控，从而构成了成套的材料应用技术，它是机械工业中重要的共性基础技术之一。

七门课程成套教科书。材料工程基础是继材料科学导论、材料科学基础之后开的课程，在学生已掌握材料发展、分类和材料科学的基本知识基础上，主要讲授材料制备科学与技术方面的内容，即讨论成为最终适用的材料和制品的全过程的科学与技术问题。随着新材料的发展和对传统材料要求的提高，材料制备工程的成材技术显得更加重要，往往已发现的高性能材料，如1986年出现的高温超导材料，由于成材技术困难至今难于实现强电应用。现代陶瓷有着强度高、密度小、资源丰富等优越特性，有可能取代传统的金属结构材料，但若没有合理的制备工艺和技术来提高韧性，降低成本，也不会有竞争力。

随着科学技术及经济的发展，我国有关工程材料的标准亦在不断更新和完善。对于与工程材料有关的各行业人员，及时地了解和掌握现行标准规定的内容是十分重要的。然而由于涉及工程材料的标准文件很多，其量很大，一般读者不可能具备就近查阅全部标准文件的条件。本丛书在广泛的材料品种范围内，精心选编了标准中有关各种材料的牌号、化学成分和主要性能指标的资料，并编入了有关工程材料的基本知识，使读者在总容量不太大的一本手册中，即可方便地查阅和掌握工程材料的最重要标准数据。在需要时，读者可根据手册中所提供的某一标准号，进一步查阅该标准的全文，以获得有关该材料的全部资料。

限于时间和水平，书中不足之处敬请各界朋友指正。

丛书编委会

2004年11月

目 录

第一章 有色金属材料的基本知识	(1)
一、有色金属材料的分类 (表 1-1)	(1)
二、有色金属材料的性能	(5)
三、有色金属及其合金产品的牌号表示方法	(9)
四、有色金属热处理及化学元素对有色金属性能的影响	(15)
五、常用术语	(22)
六、有色金属材料的理论质量计算	(33)
七、有色金属的储运管理	(36)
第二章 有色金属及其合金	(39)
第一节 加工铜—化学成分和产品形状 (GB5231—85)	(39)
第二节 铜中间合金锭 (GB8736—88)	(42)
第三节 铸造铜合金 (GB1176—87)	(43)
第四节 加工黄铜—化学成分和产品形状 (GB5232—85)	(56)
第五节 加工青铜—化学成分和产品形状 (GB5233—85)	(60)
第六节 加工白铜—化学成分和产品形状 (GB5234—85)	(62)
第七节 铸造铝合金 (GB1173—86)	(66)
第八节 铸造锌合金锭 (GB8738—88)	(75)
第九节 加工镍及镍合金—化学成分和产品形状 (GB5235—85)	(77)
第十节 加工镁及镁合金牌号和化学成分 (GB5153—85)	(77)
第三章 有色金属合金粉	(82)
第四章 铜及铜合金	(97)
一、加工纯铜	(99)
二、加工黄铜	(102)
三、加工青铜	(114)

四、加工白铜	(122)
五、纯铜板	(127)
六、黄铜板	(128)
七、复杂黄铜板	(131)
八、铝青铜板	(132)
九、锡青铜板	(134)
十、锡铋铅青铜板	(136)
十一、普通白铜板	(137)
十二、铋白铜板	(138)
十三、铜阳极板	(139)
十四、水箱水室用黄铜板带 (表 4-46)	(140)
十五、纯铜带	(140)
十六、黄铜带	(142)
十七、散热器散热片专用纯铜带、黄铜带	(145)
十八、青铜带	(146)
十九、铝青铜带	(148)
二十、锡青铜带	(149)
二十一、白铜带	(150)
二十二、纯铜箔	(152)
二十三、黄铜箔	(153)
二十四、青铜箔	(154)
二十五、电解铜箔	(155)
第五章 铝及铝合金	(158)
第一节 铝及铝合金牌号表示方法	(158)
一、变形铝及铝合金牌号表示方法 (GB /T 16474—1996)	(158)
二、变形铝及铝合金状态代号 (GB /T 16475—1996)	(160)
三、铸造铝合金牌号表示方法 (GB /T 8063—1994)	(165)
第二节 铝 锭	(165)
一、重熔用铝锭 (GB /T 1196—1993)	(165)
二、铝线锭 (GB /T 1197—1975)	(167)
三、重熔用精铝锭 (GB /T 8644—2000)	(167)
四、重熔用电工铝锭 (GB /T 12768—1991)	(168)
五、炼钢脱氧和部分铁合金用铝锭 (YS /T 75—1994)	(168)
六、高纯铝 (YS /T 275—1994)	(169)

第三节 变形铝及铝合金	(169)
一、变形铝合金的物理性质	(169)
二、铝及铝合金板、带、箔的合金牌号、状态和力学性能	(173)
三、铝及铝合金棒、管、线的合金牌号、状态和力学性能	(180)
四、铝及铝合金型材的合金牌号、状态和力学性能	(186)
五、变形铝合金的特性及用途	(188)
第四节 铸造铝合金	(189)
一、铸造铝合金的牌号和化学成分 (GB/T 1173—1995)	(189)
二、铸造铝合金的力学性能 (GB/T 1173—1995)	(192)
第五节 铝中间合金	(196)
一、重熔用铝稀土合金锭 (YS/T 309—1998)	(196)
二、硅钙钡铝合金 (YB/T 067—1995)	(196)
第六节 铝合金产品标准目录	(197)
第六章 镁及镁合金	(199)
一、加工镁合金	(200)
二、镁合金板	(204)
三、镁合金热挤压棒	(207)
四、铸造镁合金	(211)
五、压铸镁合金 (表 6-23)	(217)
第七章 钛及钛合金	(218)
第一节 钛及钛合金的术语牌号和表示方法 (GB/T 6611—1986)	(218)
第二节 海绵钛和冶金用二氧化钛	(219)
一、海绵钛 (GB/T 2524—1981)	(219)
二、冶金用二氧化钛 (YB 523—1982)	(220)
第三节 变形钛及钛合金	(220)
一、变形钛及钛合金牌号和化学成分及成分允许偏差	(220)
二、变形钛及钛合金的特性和用途	(224)
第四节 铸造钛及钛合金	(226)
一、铸造钛及钛合金牌号和化学成分 (GB/T 15073—1994)	(226)
二、铸造钛合金的结晶温度间隔和铸造性能	(227)
三、铸造钛合金的特性及用途	(227)
第五节 钛及钛合金产品	(228)
一、钛及钛合金板材 (GB/T 3621—1994)	(228)
二、板式换热器用钛板 (GB/T 14845—1993)	(233)

三、重要用途的 TA7 钛合金板材 (GB 6612-1986)	(234)
四、重要用途的 TC4 钛合金板材 (GB 6613-1986)	(235)
五、钛及钛合金带、箔材 (GB/T 3622-1999)	(237)
六、磁头用工业纯钛箔 (YS/T 410-1998)	(238)
七、钛及钛合金饼和环 (GB/T 16598-1996)	(239)
八、钛及钛合金管 (GB/T 3624-1995)	(241)
九、换热器及冷凝器用钛及钛合金管 (GB 3625-1995)	(243)
十、钛及钛合金棒材 (GB/T 2965-1996)	(245)
十一、钛及钛合金丝 (GB/T 3623-1998)	(248)
十二、外科植入物用钛及钛合金 (GB/T 13810-1997)	(249)
十三、钛及钛合金铸件 (GB/T 6614-1994)	(252)
第八章 锌及锌合金	(254)
第一节 锌及锌合金牌号表示方法	(254)
第二节 锌及锌合金牌号和化学成分	(255)
一、直接法氧化锌 (GB/T 3494-1996)	(255)
二、副产品氧化锌 (YS/T 73-1994)	(256)
三、锌锭牌号和化学成分 (GB/T 470-1997)	(256)
四、热镀锌合金牌号和化学成分 (YS/T 310-1995)	(257)
五、铸造锌合金牌号和化学成分 (GB/T 8738-1988)	(257)
六、铸造锌合金牌号和化学成分 (GB/T 1175-1997)	(258)
第三节 锌及锌合金的力学性能 (GB/T 1175-1997)	(259)
第四节 锌及锌合金的用途 (GB/T 8738-1988)	(259)
第五节 锌及锌合金加工产品	(260)
一、锌阳极板 (GB/T 2058-1989 (1997 年复审))	(260)
二、胶印锌板 (GB/T 3496-1983 (1995 年复审))	(261)
三、电池锌板 (GB/T 1978-1988)	(261)
四、锌箔 (GB/T 5159-1985 (1997 年复审))	(262)
五、电池锌饼 (GB/T 3610-1997)	(263)
六、照相制版用微晶锌板 (YS/T 225-1994)	(264)
七、锌合金压铸件 (GB/T 13821-1992)	(265)
八、锌及锌合金废料、废件分类和技术条件 (GB/T 13589-1992)	(266)
第九章 镍、镍基合金和高温合金	(269)
第一节 镍、镍合金和高温合金牌号表示方法 (GB/T 14992-1994)	(269)
第二节 镍及镍合金	(270)

一、镍及镍合金牌号及化学成分 (GB /T 6516—1997, GB /T 5235—1985)	(270)
二、镍及镍合金性能	(271)
三、加工镍及镍合金的特性及用途	(273)
第三节 变形高温合金	(275)
第四节 铸造高温合金	(276)
第五节 镍、镍合金及高温合金产品规格及性能	(277)
一、镍及镍合金板	(277)
二、镍及镍合金带 (GB /T 2072—1993)	(278)
三、电真空器件用镍及镍合金板和带 (GB 1088—1989 (1997 年复审))	(278)
四、镍阳极板 (GB 2057—1989)	(279)
五、镍及白铜箔 (GB 5190—1985)	(279)
六、镍及镍铜合金管 (GB 2882—1981)	(280)
七、镍及镍合金无缝薄壁管 (GB 8011—1987)	(280)
八、镍及镍铜合金棒 (GB 4435—1984)	(281)
九、镍线 (GB 3120—1982)	(282)
十、镍铜合金线 (GB 3113—1982)	(283)
第十章 贵金属及其合金	(284)
第一节 贵金属及其合金概述	(284)
一、物理性能	(284)
二、超导性能	(286)
三、光学性能	(286)
四、力学性能 (见表 10-35)	(286)
五、贵金属与气体的作用	(287)
六、贵金属的腐蚀	(287)
七、催化性能	(288)
第二节 贵金属及其合金材料	(288)
一、接触材料	(288)
二、电阻材料	(293)
三、测温材料	(297)
四、钎焊材料	(299)
五、氢气净化材料	(305)
六、贵金属粉末	(306)
七、厚膜浆料	(307)
八、贵金属复合材料	(308)

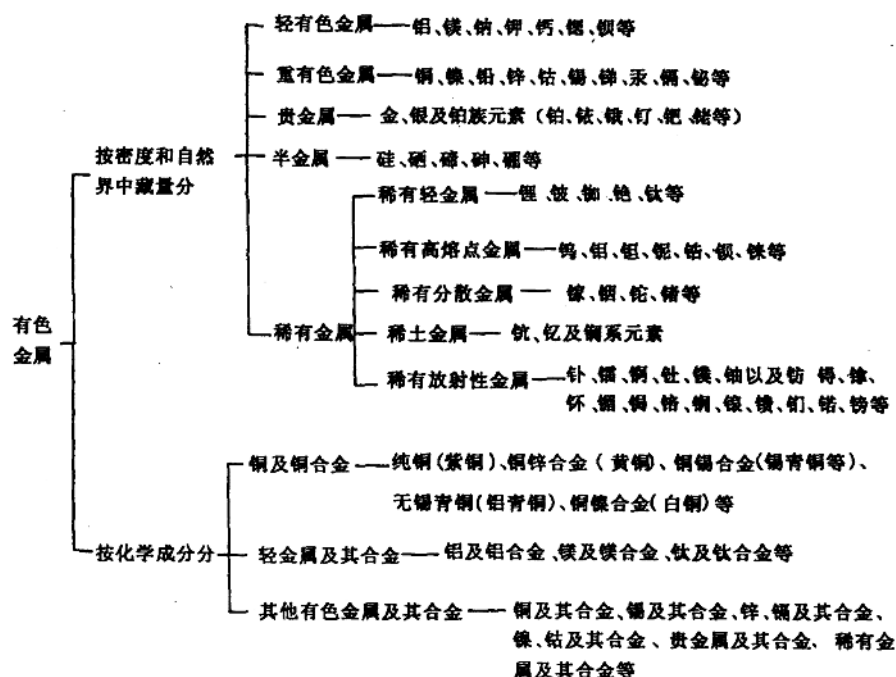
九、贵金属磁性和弹性材料	(310)
第三节 贵金属的加工	(312)
一、贵金属及合金熔铸	(312)
二、贵金属及合金的压力加工	(313)
三、贵金属及合金的切削加工	(313)
四、贵金属的焊接	(313)
第十一章 钢的品种及技术性能	(315)
第十二章 金属的塑性	(366)
第一节 塑性与塑性指标	(366)
一、塑性的基本概念	(366)
二、塑性指标	(368)
第二节 影响金属塑性的因素	(368)
一、化学成分的影响	(368)
二、组织的影响	(372)
三、变形温度的影响	(373)
四、应变速率的影响	(374)
五、应力状态的影响	(377)
六、其他因素对金属塑性的影响	(380)
第三节 提高金属塑性的主要途径	(382)
第四节 金属的超塑性	(383)
一、超塑性的概念和种类	(383)
二、细晶超塑性变形力学特征	(385)
三、影响细晶超塑性的主要因素	(386)
四、超塑性变形时组织的变化和对力学性能的影响	(389)
五、超塑性变形机理	(390)
附录 有色金属材料常用标准	(393)

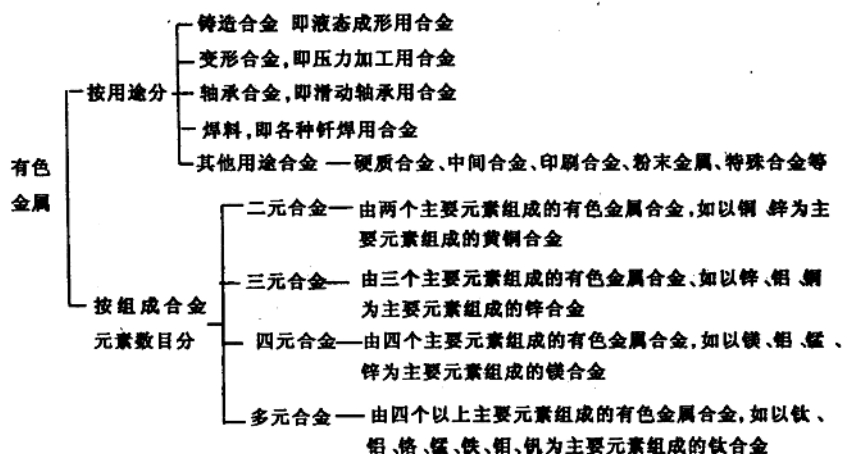
第一章 有色金属材料的基本知识

一、有色金属材料的分类 (表 1-1)

1. 分类

表 1-1 有色金属的分类





2. 有色金属分类名词术语 (表 1-2)

表 1-2 有色金属分类名词术语

序号	名称	说明
1	有色金属	金属种类繁多。通常把金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属包括铁、锰、铬及它们的合金。除铁、锰、铬以外的 83 种金属都叫做有色金属 有色金属的分类，各个国家并不完全统一。大致上按其密度、价格、在地壳中的储量及分布情况、被人们发现和使用的早晚等分为 5 大类：1) 有色轻金属；2) 有色重金属；3) 贵金属；4) 半金属；5) 稀有金属
2	有色轻金属	有色轻金属一般指密度在 4.5g/cm^3 以下的有色金属，包括铝、镁、钠、钾、钙、锶、钡。这类金属的共同特点是：密度小 ($0.53\sim 4.5\text{g/cm}^3$)，化学活性大，与氧、硫、碳和卤素的化合物都相当稳定 轻金属铝在自然界中占地壳重量的 8% (铁为 5%)。随着近代炼铝技术的发展及铝在国民经济各部门的广泛应用，目前铝已成为有色金属中生产量最大的金属，其产量已超过有色金属总产量的 $1/3$
3	有色重金属	有色重金属一般指密度在 4.5g/cm^3 以上的有色金属，其中有铜、镍、铅、锌、钴、锡、铋、汞、镉、铟 每种有色重金属根据其特性，在国民经济各部门中都具有其特殊的应用范围和用途。例如铜是军工及电气设备的基本材料；铅在化工方面制硫酸管道、蓄电池等有着广泛应用；镀锌的钢材广泛应用于工业和生活方面；而镍、钴则是制造高温合金与不锈钢的重要战略物资

序号	名 称	说 明
4	贵金属	这类金属包括金、银和铂族元素（铂、铱、铑、钌、钯、锇）。由于它们对氧和其他试剂的稳定性，而且在地壳中含量少，开采和提取比较困难，故价格比一般金属贵，因而得名贵金属 它们的特点是密度大（$10.4 \sim 22.4 \text{g/cm}^3$），其中铂、铱、铑是金属元素中最重的几种金属；熔点高（$916 \sim 3000^\circ\text{C}$）；化学性质稳定，能抵抗酸、碱，难于腐蚀（除银和钯外）。另外，金和银具有高度的可锻性和可塑性，钯、铂也有良好的可塑性，其他均为脆性金属。金银有良好的导电性和导热性，铂族元素却很低 贵金属在工业上则广泛地应用于电气、电子工业、宇宙航空工业，以及高温仪表和接触剂等
5	半金属	这类金属一般是指硅、硒、碲、砷、锑等 5 种元素，其物理化学性质介于金属与非金属之间，故称半金属。如砷是非金属，但又能传热导电 此类金属根据各自特性，具有不同用途。硅是半导体主要原料之一；高纯碲、硒、砷是制造化合物半导体的原料；锑是合金的添加元素
6	稀有金属	稀有金属通常是指那些在自然界中含量很少、分布稀散或难从原料中提取的金属。根据各种稀有金属的某些共同点（如金属的物理化学性质、原料的共生关系、生产流程等）划分为以下 5 类：1）稀有轻金属；2）稀有高熔点金属；3）稀有分散金属；4）稀土金属；5）稀有放射性金属 稀有金属在冶金工业中常用来制造特种钢、超硬合金和耐高温合金等 稀有金属的名称也具有一定的相对性，稀有金属并不全部稀少，许多稀有金属在地壳中的含量比常用金属大得多，如铍、钒、铪、铌的含量比铝、锌、汞、锡的含量均大。随着科学技术的发展，它们与普通金属的界限正在逐步消失
7	稀有轻金属	稀有轻金属包括下面 5 种金属：锂、铍、铷、铯、钫。它们的共同特点是密度小（铷为 0.53g/cm^3；铍为 1.85g/cm^3；铷为 1.55g/cm^3；铯为 1.87g/cm^3；钫为 4.5g/cm^3），化学活性很强。这类金属的氧化物和氟化物都具有很高的化学稳定性，很难还原
8	稀有高熔点金属	稀有高熔点金属包括以下 8 种金属：钨、钼、钽、铌、钨、钽、钒和铪。它们的共同特点是熔点高，自 1830°C（钨）至 3400°C（钨），硬度高，抗腐蚀性强以及可与一些非金属生成非常硬和非常难熔的稳定化合物，如碳化物、氮化物、硅化物和硼化物。这些化合物是生产硬质合金的重要材料
9	稀有分散金属	也叫稀散金属，它包括：镓、铟、铊、锗等 4 个金属，除铊外，都是半导体材料。其特点是在地壳中很分散，大多数没有形成单独的矿物和矿床，个别即使有单独矿物，由于产量极少，没有工业开采价值。所以这类金属都是从各种冶金工厂和化学工厂的废料中提取的

序号	名称	说明
10	稀土金属	稀土金属包括镧系元素和钪系元素性质很相近的钪、钇，共 17 个元素。这类金属的原子结构相同，理化性质很近似，在矿石中它们总是伴生在一起，在提取过程中需经繁杂作业，才能逐个分离出来。过去由于提纯和分离技术水平低，只能获得外观似碱土（如氧化钙）的稀土氧化物，故取名“稀土”，并沿用至今。实际上稀土金属并不稀少，也不像泥土，而是在地壳中储藏量极其丰富的典型金属，故稀土一词，并不确切 稀土金属的特性是：化学性质活泼，与硫、氧、氢、氮等有强烈的亲和力，在冶炼中有脱磷、脱氧作用，能纯净金属，且能减少、消除钢的枝晶结构和细化晶粒，能使铸铁中石墨球化，故在冶金工业和球墨铸铁生产中获得广泛的应用
11	稀有放射性金属	属于这一类的是各种天然放射性元素，包括钋、镭、锕、钍、镤和铀等 6 个元素；此外各种人造超铀元素，如钷、钷、镅、镎等 12 个元素也属于这一类金属。天然放射性元素在矿石中往往是共同存在的。它们常常与稀土金属伴生。这类金属是原子能工业的主要原料
12	十种有色金属	十种有色金属是指有色金属中生产量大，应用比较广的十种金属，又称十种常用有色金属。世界各国有色金属产量一般均指铝、镁、铜、铅、锌、镍、钴、锡、锑、汞十种有色金属的总产量。我国十种有色金属一般是指：铜、铝、镍、铅、锌、钨、钼、锑、锡、汞十种，即把国外的镁和钴换成钨和钼

3. 工业上常用的有色金属（表 1-3）

表 1-3 工业上常用的有色金属

纯金属		铜（纯铜）、铝、镁、锌、铅、锡、镍等			
合金	铜合金	黄铜	压力加工用 铸造用	普通黄铜（铜锌合金）	
				特殊黄铜（含有其他合金元素的黄铜）	铝黄铜、硅黄铜、锰黄铜、铅黄铜、锡黄铜等
		青铜	压力加工用 铸造用	锡青铜（铜锡合金，一般尚含有磷或铋、铅等合金元素）	
				特殊青铜（无锡青铜）	铝青铜（铜铝合金）、铍青铜（铜铍合金）、硅青铜（铜硅合金）等
		白铜	压力加工用	普通白铜（铜镍合金）	
				特殊白铜（含有其他合金元素的白铜）	锰白铜、铁白铜、锌白铜等铝合金
	铝合金	压力加工用	不经热处理	防锈铝	
			经热处理	硬铝、锻铝、超硬铝、特殊铝等	
			铸 造 用		

纯金属	铜 (纯铜)、铝、镁、锌、铅、锡、镍等		
合金	镍合金	压力加工用	镍硅合金、镍锰合金、镍铬合金、镍铜合金等
	锌合金	压力加工用	锌铜合金、锌铝合金
		铸造用	铸 铝 合 金
	铅合金	铅 锡 合 金	
	镁合金		
	轴承合金	铅基轴承合金	铅锡轴承合金、铅铋轴承合金
		锡基轴承合金	锡铋轴承合金
	印刷合金	铅基印刷合金	铅铋印刷合金
	硬质合金	钨 钴 合 金	
		钨 钴 钛 合 金	
		铸 造 碳 化 钨	

二、有色金属材料的性能

常用有色金属的主要特性见表 1-4。

表 1-4 常用有色金属的主要特性

序号	名称	主要特性
1	铜及其合金	有优良的导电性、导热性，较好的耐蚀性，较高的强度和高的塑性，易加工成形和铸造各种零件
2	铝及其合金	密度小 ($\gamma \approx 2.7\text{g/cm}^3$)，比强度高，耐蚀性好，导电性、导热性、反光性良好，塑性好，易加工成形和铸造各种零件
3	镁及其合金	密度小 ($\gamma \approx 1.7\text{g/cm}^3$)，比强度和比刚度，能承受大的冲击载荷，有良好的机械加工性能和抛光性能，对有机酸、碱类和液体燃料有较高的耐蚀性
4	钛及其合金	密度小 ($\gamma \approx 4.5\text{g/cm}^3$)，比强度高，高温强度高，硬度高，耐蚀性良好
5	锌及其合金	有较高的力学性能，熔点低，易于加工成形和压铸成零件
6	锡铅及其合金	熔点低，耐磨、减摩性能好，耐蚀性好，铅的抗 X-射线和 γ -射线穿透力强
7	镍及其合金	有高的力学性能，耐热性、耐蚀性好，具有特殊的电、磁和热膨胀性能

1. 物理性能 (表 1-5)

2. 力学性能 (表 1-6、表 1-7)

表 1-5 常用有色金属的主要物理性能

名称	符号	原子量	室温密度 γ /(g/cm ³)	熔点 /℃	沸点 /℃	比热容 c /[J/(kg·K)]	线胀系数 α /(10 ⁻⁶ /K)	电阻率 ρ /(nΩ·m)	电导率 κ /(%IACS)	热导率 λ [W/(m·K)]	晶体结构
银	Ag	107.868	10.49	961.9	2163	235	19.0	14.7	108.4	428	面心立方
铝	Al	2.98154	2.6989	660.4	2494	900	23.6	26.55	64.96	247	面心立方
金	Au	196.9665	19.302	1064.43	2857	128	14.2	23.5	73.4	317.9	面心立方
铍	Be	9.0122	1.848	1283	2770	1886	11.6	40	38~43	190	密排六方
铋	Bi	208.980	9.808	271.4	1564	122	13.2	1050	—	8.2	菱方
铈	Ce	140.12	8.160	798	3443	192	6.3	828	—	11.3	密排六方
镉	Cd	112.40	8.642	321.1	767	230	31.3	72.7	25	96.8	密排六方
钴	Co	58.9332	8.832	1495	2900	414	13.8	52.5	27.6	69.04	密排六方
铜	Cu	63.54	8.93	1084.88	2595	386	16.7	16.73	103.06	398	面心立方
汞	Hg	200.59	14.193	-38.87	356.58	139.6	—	958	—	9.6	简单菱方
镁	Mg	24.312	1.738	650	1107	102.5	25.2	44.5	38.6	155.5	密排六方
钼	Mo	95.94	10.22	2610	5560	276	4.0	52	34	142	体心立方
铌	Nb	92.9064	8.57	2468	4927	270	7.31	25	13.2	53	体心立方
镍	Ni	58.71	8.902	1453	2730	471	13.3	68.44	25.2	82.9	面心立方
铅	Pb	207.19	11.34	327.4	1750	128.7	29.3	206.43	—	34	面心立方
钯	Pd	106.4	12.02	1552	3980	245	11.76	108	16	70	面心立方
铂	Pt	195.09	21.45	1769	3800	132	9.1	106	16	71.1	面心立方
铑	Rh	102.905	12.41	1963	3700	247	8.3	45.1	—	150	面心立方
锑	Sb	121.75	6.697	630.7	1587	207	8~11	370	—	25.9	菱方
锡	Sn	118.69	5.765	231.9	2770	205	23.1	110	15.6	62	正方
钽	Ta	180.949	16.6	2996	5427	139.1	6.5	135	13	54.4	体心立方
钛	Ti	47.9	4.507	1668±10	3260	522.3	10.2	420	—	11.4	密排六方
钨	W	183.85	19.254	3410±20	~5700	160	129	53	—	190	体心立方
钇	Y	88.9059	4.469	1522	3338	298.4	10.6	596	—	17.2	密排六方
锌	Zn	65.36	7.133	420	906	382	15	58.9	28.27	113	密排六方
锆	Zr	91.22	6.505	1852±	4377	300	5.85	450	4.1	21.1	密排六方